

明 細 書

一方向性光パワーモニター

技術分野

[0001] 本発明は、主に光通信分野において用いられる光パワーモニターに係るものである。

背景技術

[0002] 近年、情報通信における技術革新は目覚しく、インターネットの普及による通信速度の高速化の要求および情報量の増加に対応するため、電気信号による通信から光信号による通信へと移行しつつある。多くの基幹となるケーブルは、様々な中継点から情報が集まってくるため、光ケーブルへと置き換わりつつあり、処理速度が格段に向上してきた。今後は、そうした光ケーブルとユーザー端末との間の通信が見直されるようになり、より安くより快適な情報通信環境の整備への要求は、ますます厳しくなっている。

[0003] 光通信網が整備されるに従って、情報の授受が高速に行なわれるようになり、またそれに伴って新たな用途も拡大し、光通信網を行き交う情報量がさらに増加している。光ファイバーの処理できる情報量を上げるには、高周波の信号を使用して単位時間あたりの信号量を増大させるとともに、波長多重方式と呼ばれる、異なる情報に関する種類の波長を持った信号をひとつの光ファイバー中で同時に送信する技術が用いられるようになった。また、緻密で信頼性の高い通信網を形成するには、多方向、多経路への接続を確保する必要があり、保守用途の観点からも複数の光ファイバーの利用は必須となっている。

[0004] 多数の信号を光ファイバーで伝送する光通信回路を形成するには、波長多重した光信号を各波長に分波し、また逆に種類の波長の光信号を合波し、更には、光信号の分岐や挿入を行なうWavelength Division Multiplex(以下、WDMと略す)システムが必要となる。情報量が増加すると共に、扱われる情報の重要性も高くなってきた。光信号が欠落した場合には、どの光信号がどこで欠落したのかを迅速に把握する必要があり、光信号の接続の可否だけでなく、場合によっては信号強度を確認

することも必要となる。また、伝送距離が長くなると、光信号強度が減衰するので、光信号を増幅するためのErbium Doped Fiber Amplifier(以下、EDFAと略す)が必要になる。EDFAでは、増幅比を判定するために外部から入力した光信号の強度や、増幅したあと外部に出射する光信号の強度を正確に把握することが必要になり、信頼性の高い光通信システムを構築するためには、こうした細かいモニタリング機能が不可欠となってきた。

[0005] WDMシステムでは、光信号の入射・出射の方向が決まっており、光信号をモニタリングする場合には、その方向性は特に必要とされていなかった。しかし、EDFAにおいては、ポンプレーザーを入射して、特殊ファイバー内を伝播させることによって光信号を増幅するので、増幅した光信号が逆流することがあり、光信号の増幅量を正確に判断するには、入力ファイバーからの光信号のみを検知し、出力ファイバーからの戻り光は検知しないという機能が必須になる。

[0006] 従来の一般的な光信号のモニタリング方法としては、光カプラで光信号の一部を分岐し、分岐した光信号を光ダイオードで検知するという技術が用いられていた。そのため、各部品を融着接続することが必要であり、それが実装工数低減の妨げとなっていた。また、光カプラは、光ファイバーの光信号伝播部位であるコアを近接することにより光信号を分岐させる構造であり、かつ近接部の長さが分岐量の重要なパラメーターであることから、製品のサイズを小さくすることが困難であり、部品サイズの低減に対する妨げとなっていた。最近では、EDFA装置のダウンサイジングに対する要求が強く、部品サイズを小型化できないことが、EDFA装置の小型化及び高実装密度化に対する制約にもなっている。

[0007] 取扱い易く小型化された双方向性光パワーモニターの一例が、特許文献1に開示されている。開示されている装置の構造を図6に示す。2本の光ファイバー51, 52(それぞれ入力光ファイバー51と出力光ファイバー52)を有するマルチキャピラリーガラスフェルルール53(ピッグテイルファイバーに相当)とGRIN(Gradient Index)レンズ54を所定長さの空隙55を介して対向させている。GRINレンズの端面にはフィルター56(タップ膜に相当)が設けられていて、GRINレンズを通った光の反射と透過を行なう。フィルターを透過した光は空隙57を通りフォトンデテクター58(光ダイオード

に相当)で電気信号に変換されて、光ファイバーに入力した光の強度を測定する。マルチキャピラリーガラスフェルール53とGRINレンズ54はガラスチューブ60, 61で保持されている。2本の光ファイバー51, 52は、何れも光の入力および出力を行うことができるので、この装置は双方向性光パワーモニターと言える。ここで、GRINレンズは中心軸から外周方向に向かって放射状に連続的に屈折率が変化しているガラス製の円柱である。屈折率は、外周に行くに従って大きくなっており、光が外周側に向かって広がれば広がるほど、光の進行方向は中心軸方向に曲げられてフィルター中心に透過光が集まる。

[0008] 入力光ファイバー51から空隙55に入った光はGRINレンズ54を通りGRINレンズの端面のフィルター56に到達する。フィルター56に到達した光の大部分は反射しGRINレンズ54と空隙55を通り、出力光ファイバー52に入り出力光となる。フィルター56に到達した光の一部はフィルター56を透過し、空隙57を通り、光子検出器58に入り電気信号に変換されて出力される。これら一連の光の経路を実線の矢印で示している。逆に、出力光ファイバー52から光を入れると前述した光路と同様の経過をたどり、入力光ファイバー51から光を取り出すことができる。フィルター56を透過した光は空隙57を通り、光子検出器58に入り電気信号に変換されて出力される。これら一連の光の経路を破線の矢印で示している。

[0009] 一方向性を持った光パワーモニタの例が、非特許文献1に開示されている。開示されている装置の構造を、図7に示す。部品名称は、非特許文献1で用いられているものを使用する。ポート1、ポート2と呼称されている2本の入力光ファイバー81, 出力光ファイバー82を有する2芯フェルール80(ピッグテイルファイバーに相当)と、GRINレンズ83とを突合せている。GRINレンズ83の端面には誘電体ミラー84(タッパ膜に相当)を形成し、光の反射と透過を行っている。GRINレンズの中心軸とフォトディテクター85(光ダイオードに相当)の中心軸はずらして配置されている。

[0010] 光の流れを説明する。入力光ファイバー81(ポート1)から入った光(入力光)は、GRINレンズ83を通り誘電体ミラー84で反射と透過を起こす。反射した光は、GRINレンズを通り出力光ファイバー82(ポート2)に入り出力光となる。誘電体ミラーを透過した光は、フォトディテクター85に入り電気信号に変換され電気信号として出力される

。これら一連の光の経路を実線の矢印で示している。次に、出力光ファイバー82(ポート2)から入った光について説明する。出力光ファイバー82(ポート2)から入った光は、GRINレンズ83を通り誘電体ミラー84で反射と透過を起こす。反射した光は、再びGRINレンズを通り入力光ファイバー81(ポート1)に入り出力光となる。誘電体ミラーを透過した光は、GRINレンズの光軸(中心軸)とフォトディテクター85の光軸(中心軸)とがずれているため、フォトディテクター85には入らず外部へと放出される。そのため、出力光ファイバー82(ポート2)から入った光の強度は測定できない。これら一連の光の経路を破線の矢印で示している。つまり、入力光ファイバー81(ポート1)から入った光の強度は測定できるが、出力光ファイバー82(ポート2)から入った光の強度は測定しないと言う、方向性を有する光パワーモニターとなっている。

[0011] 一方向性光パワーモニターの方向性特性は、入力光ファイバーから光を入力したときの光ダイオードの受光感度 $A(\mu A/w)$ と出力光ファイバーから同じ光を入力したときの光ダイオードの受光感度 $B(\mu A/w)$ との比をdB単位で表わし、方向性特性 $=10 \cdot \log_{10}(A/B)$ で求めたものである。一方向性光パワーモニターでは25dB以上の方向性特性が要求されている。

[0012] 図7に示した一方向性光パワーモニターでは、GRINレンズの光軸とフォトダイオードの光軸との位置関係について論じているが、GRINレンズと光ダイオードとの間の光路の詳細構造は説明されていない。一方向性光パワーモニターとするには、GRINレンズと光ダイオードを、スリーブ等を用いて位置決めと固定を行なう必要がある。GRINレンズと光ダイオードとが接近し過ぎると、何れの光ファイバーから入った光の透過光をも検知するため、GRINレンズと光ダイオードはある距離以上離す必要がある。

特許文献1: 米国特許 6,603,906

非特許文献1: 2002年3月28日開催 電子情報通信学会 講演番号C-3-51

予稿集 183ページ 図3

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0013] 本発明の目的とするところは、入力光ファイバーと出力光ファイバーとを持ち、入力

光ファイバーから入った光信号についての受光感度が優れているが、出力光ファイバーから入った光信号についての受光感度が低く、方向性特性に優れている小型の一方向性光パワーモニターを提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の一方向性光パワーモニターは、

小さな間隔で平行に並べられた2本の光ファイバーを持ち、それら光ファイバーの開口を1つの端面上で端面中心の周りに持つピッグテイルファイバーと、

互いに対向している2つの端面を持ち、それらのうち一方の端面はピッグテイルファイバーの前記1つの端面と対向していて、他の端面はその上にタップ膜を有する円柱状GRINレンズと、

第一の端と第二の端とを持つスリーブであって、第一の端から、第一の端と第二の端との間の略中間位置まで開けられている第一の円孔と、第二の端から前記略中間位置まで開けられていて、第一の円孔の中心軸から偏芯している中心軸を持つ第二の円孔とを有するとともに、前記第一の円孔は、前記略中間位置で第二の円孔と接続する通孔と中間壁とを持つものと、

前記スリーブの第二の端において第二の円孔内に前記通孔に向かって設けられているレンズを前面に持つ光ダイオードとを有し、

前記2本の光ファイバーのうち一方の光ファイバーから入力され前記タップ膜を透過した光信号は第一の円孔と第二の円孔とを通過して前記光ダイオードに達し、

前記2本の光ファイバーのうち他方の光ファイバーから入力され前記タップ膜を透過した光信号はスリーブの前記中間壁によってその光路が妨げられるように、前記GRINレンズがスリーブの第一の円孔内に位置決めされている。

[0015] 本発明の一方向性光パワーモニターにおけるスリーブは、第一の円孔と、第一の円孔の中心軸から偏芯している中心軸を持つ第二の円孔とを有している。円柱状GRINレンズがスリーブの第一の端において第一の円孔内に位置決めされていて、スリーブの第二の端においてレンズを持った光ダイオードが第二の円孔内に設けられているので、円柱状GRINレンズの光軸とレンズを前面に持つ光ダイオードの光軸、すなわち光ダイオードの前面に設けられたレンズの光軸とは、第一の円孔と第二の円孔

の中心軸間距離に相当する距離偏芯している。

- [0016] 2本の光ファイバーのうち一方の光ファイバー(「入力光ファイバー」と呼ぶことがある)から入射した光信号は、その光ファイバー開口で空隙に放射され、ビーム径が広がりながらGRINレンズに入る。GRINレンズ内では、光の進行方向を変化させ略平行光になったところでタップ膜に到達し、所定の比率で反射と透過をする。タップ膜で反射した光は、再びGRINレンズ内を通過し、更にビーム径が絞られながら進行し、空隙に放射される。その後、他方の光ファイバー(「出力光ファイバー」と呼ぶことがある)の開口に焦点を結び、入力光ファイバーから入射した光が出力光ファイバーに接続する。タップ膜を透過した光は、スリーブの第一の円孔から通孔を経由して第二の円孔を通してGRINレンズの光軸から偏芯した光軸を持って固定されたレンズ付き光ダイオードに入り、入力光ファイバーからモニターに入力した光信号の光量を測定できる。
- [0017] 2本の光ファイバーのうち他方の光ファイバーから入射した光は、空隙に放射されたあとGRINレンズに入る。GRINレンズ内では光の進行方向が変化して略平行光になり、タップ膜により所定の比率で反射と透過を行なう。タップ膜で反射した光は、GRINレンズ、空隙の経路を取り入力光ファイバーに接続する。タップ膜を透過した光は、GRINレンズの中心線に対して対称な方向に進み、スリーブ内の第一の円孔の奥に(略中間位置に)設けた略垂直の中間壁で反射し、減衰しながら光の進行方向を変える。その後、光は、第一の円孔と平行な内周壁面で更に反射、減衰を繰り返しながら、GRINレンズの方向に戻るので、レンズ付き光ダイオードにはほとんど入射しない。
- [0018] 本発明の一方方向性光パワーモニターのスリーブは、不透明で黒色系セラミックスかガラス、プラスチック材で作ることができる。スリーブを不透明な材料で構成することによって、複数の光パワーモニター間の相互干渉を防ぐことができるとともに、方向性特性に優れたものとすることができる。更に、労働安全面においても好ましい。
- [0019] 不透明な材料の中でも、黒色系の材料がより好ましい。黒色系材料は一般に光反射率が低いので、内壁もしくは内周面で反射を繰り返させることで、出力光ファイバーから入力された光をほぼゼロまで減衰させることができる。黒色系材料としてはセラ

ミックやガラス、プラスチックが使用できる。黒色系セラミックでは、アルミナやジルコニア、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミ、ソフトフェライト、ハードフェライトが適している。黒色系ガラスの材料では、シリカを主原料にしたものやアルミナを主原料にしたもの、チタニアを主原料にしたもの、更にはそれらの複合材料も使用できる。黒色系プラスチックとしては、エポキシ樹脂や液晶ポリマー、ポリフェニレン樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリブチレン樹脂、アゾ化合物樹脂、ポリエステル樹脂が適している。また、カーボン系の材料も同様の効果が期待でき使用することができる。ソフトフェライト、ハードフェライトを用いると、本発明の一方向性光パワーモニターを整列させたり、磁石や磁性体に容易に取り付けることができる。

- [0020] 本発明の一方向性光パワーモニターでは、GRINレンズ光軸と光ダイオードのレンズ光軸との光軸間距離を L 、タップ膜を透過する光のガウスビーム半径を R 、前記レンズ付き光ダイオードのレンズ直径を D としたとき、 $D \geq 2L \geq 1.517R + D/2$ であることが望ましい。
- [0021] 光はビームの横断面内で一様な強度を示すのではなく、ビーム中心で最も強くビーム外周方向に向かって減衰していく分布を持つ。この分布はガウス分布と呼ばれビームの進行方向に関する関数であるため、ビームの進行とともに徐々にビームが広がり、同時に減衰していく。ビーム進行方向における任意の横断面において、ガウス分布が維持されることが知られている。ビームの強度は、その位置での光を電気変換することにより求めることが可能になるが、ビームの広がり具合については、相対的なある指標を持つことが必要になる。そこで、ビームの中心強度に対し、 $1/e^2$ の強度に減衰する半径をビームのサイズを示す指標とし、ガウスビーム半径と称している。ここで、 e は自然対数の底である。
- [0022] 本発明の一方向性光パワーモニターは、一方の光ファイバーから入射しタップ膜を透過した光のみを光ダイオードで検知し、他方の光ファイバーから入射しタップ膜を透過した光は光ダイオードで検知しないことが必要である。そのため、GRINレンズの光軸と光ダイオードのレンズの光軸との光軸間距離は重要である。ビームの中心強度に対し、強度が1%に減衰する位置はガウスビーム半径の1.517倍として求めることができる。1%に減衰した光がレンズ付き光ダイオードに入射しないような位置関係

にするには、光軸間距離の2倍の値を、ガウスビーム半径の1.517倍にレンズ直径の半分を加算したものより大きくすることが好ましい。この様な関係にすることで、入力光ファイバーから光を入れた時の光ダイオードの出力Aと、出力光ファイバーから光を入れた時の光ダイオードの出力Bでは、出力Bは出力Aに比べ少なくとも2桁以上の差を持って小さくすることが可能となる。

- [0023] 反対に、光軸間距離Lは、光ダイオードのレンズ直径Dの $1/2$ よりも小さい値とすることが好ましい。光軸間距離Lが光ダイオードのレンズ直径Dの $1/2$ より大きくなると、受光感度が急激に低下するとともに、使用するスリーブ外径が大きくなってその取扱いが不便になりまたその製作が困難になる。

発明の効果

- [0024] 本発明によって、方向性特性の高い小型で高性能な一方向性光パワーモニターを提供することができた。また本発明の一方向性光パワーモニターは、黒色で不透明な材料で作ったスリーブを用いて、GRINレンズと光ダイオードとをそれらの光軸を偏芯させて固定しているので、出力光ファイバーから入った光信号のタップ膜を透過した部分をスリーブ内壁で減衰させており、方向性特性がよいものとなっている。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]図1は本発明の実施例1の一方向性光パワーモニターの断面図である。
[図2]図2は本発明の実施例6の一方向性光パワーモニターの断面図である。
[図3]図3は、受光感度と方向性特性とを光軸間距離Lとの関係で示すグラフである。
[図4]図4(a), (b)および(c)は本発明の実施例7の一方向性光パワーモニターの断面図である。
[図5]図5は比較例の一方向性光パワーモニターの断面図である。
[図6]図6は従来の双方向性光パワーモニターの断面図である。
[図7]図7は非特許文献1に示されている一方向性光パワーモニターの断面図である。

。

符号の説明

- [0026] 2 ピッグテイルファイバー
3 (入力)光ファイバー

- 4 (出力)光ファイバー
- 7 GRINレンズ
- 8 タップ膜
- 9 スリーブ
- 10 光ダイオード
- 91 第一の円孔
- 92 第二の円孔
- 93 中間壁
- 94 通孔

発明を実施するための最良の形態

[0027] 実施例1

本発明の実施例1による一方向性光パワーモニターを図1に断面図で示す。一方向性光パワーモニターは、2本の光ファイバー(入力光ファイバー3と出力光ファイバー4)を持ったピッグテイルファイバー2と、タップ膜8を有する円柱状GRINレンズ7と、光ダイオード10と、GRINレンズと光ダイオードとの間に光路を形成しているスリーブ9とからなっている。2本の光ファイバー3、4が小さな間隔(2本の光ファイバー間ピッチが約 $250\text{ }\mu\text{m}$)を持って平行に並べられてモールドされてピッグテイルファイバー2を形成し、ピッグテイルファイバー2の一端面でその中心の周りにそれら2本の光ファイバー3、4が開口を持つ。円柱状GRINレンズ7は互いに対向している2つの端面を持ち、その一方の端面は2本の光ファイバー開口を持ったピッグテイルファイバーの端面と小さな空隙5($100\sim 300\text{ }\mu\text{m}$)を介して対向しており、他の端面はその上にタップ膜8を持っている。ピッグテイルファイバー2と円柱状GRINレンズ7とはそれらの軸が実質的に一列に並んでいる。ピッグテイルファイバーのGRINレンズと対向している端面と、GRINレンズのピッグテイルファイバーと対向している端面とは、それぞれ光軸に関して約 8° の傾斜角を持っており、それらの対向面での反射を防いでいる。

[0028] GRINレンズは、gradient index lensを意味しており、レンズの中心軸から外周に向かって連続的に屈折率が大きくなっている。GRINレンズの中心軸から離れた位

置を中心軸に平行に進む光はレンズの中心方向に曲げられるので、GRINレンズの一方の端面から入った光は他方の端面の中心付近から出る。ここで用いたGRINレンズ7の中心軸における屈折率が1.590で、屈折率勾配定数が0.326である。GRINレンズ端面に設けたタップ膜8は、 SiO_2 と TiO_2 とを周期的に積層した誘電体多層膜で、光の透過率を表すタップ率は1%であった。GRINレンズを通過してタップ膜に達した光の大部分をタップ膜表面で反射し、その光の一部をタップ膜は透過する。

- [0029] この実施例で、ピッグテイルファイバー2とGRINレンズ7とは直径1.8mmであり、外径2.8mmで内径1.9mmの不透明で黒色をした円筒状ガラスからなるチューブ6の通孔内にエポキシ樹脂接着剤で固定されている。ピッグテイルファイバー2とGRINレンズ7とをチューブ6の通孔内に小さな空隙5を持って固定する際に、ピッグテイルファイバーの一方の光ファイバーから入り他方の光ファイバーから出る光信号を光マルチメータでモニターしながらその光信号強度がもっとも大きくなるように、その空隙5の大きさを決める。
- [0030] GRINレンズ7と光ダイオード10との間に光路を形成しているスリーブ9は、第一の端と第二の端とを持ち、第一の端から、第一の端と第二の端との略中間位置まで開けられている第一の円孔91と、第二の端からその略中間位置まで開けられている第二の円孔92をその中に有している。第二の円孔92は、第一の円孔91から偏芯していて、第一の円孔91はその奥端に、すなわち略中間位置に中間壁93と、第二の円孔と接続している通孔94とを持つ。この実施例では、スリーブ9は黒色のアルミナセラミックスで作られている。スリーブ9の長さすなわち第一の端から第二の端までの長さは14.0mmであった。第一の円孔と第二の円孔とは内径が2.0mmで、第一の円孔の中心軸と第二の円孔の中心軸とは平行で0.9mmの中心軸間距離となっていた。スリーブの一方の端から略中間位置まで7.0mmであった。略中間位置で第一の円孔の中心軸に垂直な面内に、通孔94と中間壁93とがある。GRINレンズ7のタップ膜が付いている側の端部を第一の円孔の中にスリーブの第一の端から2.0mmまで挿入して接着剤で固定されている。GRINレンズ7のタップ膜8と中間壁93との距離は5.0mmであった。
- [0031] レンズ(直径1.9mm)を先端に持つ光ダイオード10(直径2.0mm)をスリーブの

第二の端から第二の円孔内に挿入固定している。光ダイオードの光電気変換素子は、光通信波長帯で高い感度を持ったInGaAsを用いた。第二の円孔内で略中間位置から光ダイオード10のレンズ先端までの距離が5.0mmとなっている。

[0032] この一方向性光パワーモニターで、光ファイバー3から入った光信号はピッグテイルファイバー2の端の光ファイバー3の開口からGRINレンズ7に伝わり、GRINレンズ7の端に付けられたタップ膜8でその大部分が反射して光ファイバー4を通して送られる。光ファイバー3から入ってタップ膜8に達した光信号の一部がタップ膜を透過して、実線矢印で示されているように第一の円孔91から通孔94を経由して第二の円孔92を通して光ダイオード10でその強度が検出される。

[0033] 光ファイバー4から入った光信号はピッグテイルファイバー2の端にあるタップ膜8でその大部分が反射して光ファイバー3を通して送られる。光ファイバー4から入ってタップ膜8に達した光信号の一部がタップ膜を透過するが、その透過した光信号は破線矢印で示されているように第一の円孔91の奥端にある中間壁93に当たりそこでほとんどの光が吸収され一部が中間壁93で反射される。光ファイバー4から入った光信号のうちきわめて少ない部分のみが第二の円孔92を通して光ダイオード10に達する。そのために光ファイバー3から入った光信号のうちこの光パワーモニターで測定される光量は多いが、光ファイバー4から入った光信号のうちこの光パワーモニターで測定される光量はきわめて少ない。すなわち、この光パワーモニターは優れた一方向性を有している。

[0034] この一方向性光パワーモニターの光学特性と電気特性の評価を行なった。光ファイバー3から波長1550nm、光強度0dBmの光を入力したときの挿入損失0.31dB、光ダイオードによる受光感度9.8mA/wであった。光ファイバー4から同じ光を入力したとき、挿入損失0.31dB、光ダイオードによる受光感度24.1 μ A/wであった。この一方向性光パワーモニターの方向性特性は26.1dBとなり、要求される25dB以上が得られた。

[0035] 実施例2

本発明による実施例2の一方向性光パワーモニターは、図1に示した実施例1の一方向性光パワーモニターでピッグテイルファイバー2に取り付けられている2本の光フ

ファイバー3、4の間隔を $125\mu\text{m}$ としている。そして、スリーブ9の長さを24mm、タップ膜8とレンズ付き光ダイオード10との距離を20mmとした。実施例2の一方向性光パワーモニターの他の構成は、図1に示した実施例1の一方向性光パワーモニターと同じであった。

[0036] この一方向性光パワーモニターで入力光ファイバー3から光信号を入力したときの光ダイオードによる受光感度が $6.7\text{mA}/\text{w}$ であった。この一方向性光パワーモニターでタップ膜とレンズ付き光ダイオードとの距離を実施例1のものよりも長くしているために、タップ膜を透過して光ダイオードに向かう光ビームが広がりガウスビーム半径がより大きくなっているため、この受光感度が実施例1のものよりも低下している。

[0037] 出力光ファイバー4から光信号を入力したときの光ダイオードによる受光感度が $20.6\mu\text{A}/\text{m}$ であり、この一方向性光パワーモニターで方向性特性25.1dBを得ることができた。2本の光ファイバー間隔を実施例2では小さくしているため、それらの光ファイバーから入ってGRINレンズを通過した光信号がGRINレンズの軸となす角が小さくなっている。しかし、GRINレンズのタップ膜と光ダイオードとの距離を長くしているため、優れた方向性特性を得ることができた。しかし、2本の光ファイバー間隔が実施例2のように小さい場合にはスリーブをより長くする必要があるため、優れた方向性特性を得るには、光パワーモニターを大きくする必要がある。

[0038] 実施例3

実施例3の一方向性光パワーモニターでは、GRINレンズとして中心軸における屈折率1.634、屈折率勾配定数0.417のものを用いた。これらの屈折率と屈折率勾配定数とは実施例1におけるGRINレンズのものよりも大きい。このように大きな屈折率を持つGRINレンズを用いた一方向性光パワーモニターでは、入力光ファイバー3から入ってGRINレンズを透過した光と、出力光ファイバー4から入ってGRINレンズを透過した光とがなす角が実施例1におけるよりも大きくなる。そのために、タップ膜とレンズ付き光ダイオードとの距離を8mmと、実施例1におけるよりも短くすることができた。また、屈折率が大きいので、GRINレンズ内で光が早く収斂して、ガウスビーム半径が小さくなり、レンズ付き光ダイオードで光を集めやすくなる。

[0039] この一方向性光パワーモニターで入力光ファイバー3から光信号を入力したときの

光ダイオードによる受光感度が $10.2\text{mA}/\text{w}$ であり、出力光ファイバー4から光信号を入力したときの光ダイオードによる受光感度が $19.2\mu\text{A}/\text{w}$ であった。この一方向性光パワーモニターの方向性特性は 27.3dB と非常に良好であった。

[0040] 実施例4

実施例4の一方向性光パワーモニターでは、実施例1の一方向性光パワーモニターのタップ膜を SiO_2 と Ta_2O_5 との積層膜とした。そのタップ率は実施例1と同じで 1% であった。この一方向性光パワーモニターはその他の構成は実施例1と同じとした。この一方向性光パワーモニターで入力光ファイバーから光信号を入力したときの光ダイオードによる受光感度が $9.8\text{mA}/\text{w}$ であり、出力光ファイバーから光信号を入力したときの光ダイオードによる受光感度が $21.4\mu\text{A}/\text{w}$ であった。この一方向性光パワーモニターの方向性特性は 26.6dB であった。この実施例から、タップ膜として SiO_2 と Ta_2O_5 との積層膜を用いることができることが確認できた。

[0041] 実施例5

実施例1の一方向性光パワーモニターでスリーブ材質のみを表1に示している各材質とした光パワーモニターM1からM17それぞれについて、入力光ファイバーから光信号を入力したときの光ダイオードによる受光感度、出力光ファイバーから光信号を入力したときの光ダイオードの受光感度、方向性特性及び暗電流を測定して同表に示している。暗電流は、入力光ファイバーと出力光ファイバーとのいずれからも光入力がない状態での光ダイオードの出力電流なので、外部からスリーブ壁を通して入って来た光を検出したことを意味している。いずれの光パワーモニターにおいても暗電流が $0.043\sim 0.077\text{nA}$ で何れも 0.1nA 未満の満足できる値であった。

[0042] [表1]

試料 番号	スリーブ材質	入力光ファイバーか ら光が入ったときの 受光感度(mA/w)	出力光ファイバーか ら光が入ったときの 受光感度(μ A/w)	方向性特性 (dB)	暗電流 (nA)
M1	アルミナ	9.80	24.1	26.1	0.043
M2	ジルコニア	9.90	22.3	26.5	0.055
M3	炭化ケイ素	10.20	20.5	27.0	0.048
M4	窒化ケイ素	10.10	18.5	27.4	0.062
M5	窒化アルミ	9.90	21.9	26.6	0.077
M6	シリカ系ガラス	9.60	29.7	25.1	0.065
M7	アルミナ系ガラス	9.80	28.5	25.4	0.063
M8	チタニア系ガラス	10.00	29.1	25.4	0.072
M9	エポキシ樹脂	10.10	25.3	26.0	0.046
M10	液晶ポリマー	9.80	22.7	26.4	0.059
M11	ポリフェニレン樹脂	9.50	26.2	25.6	0.056
M12	ポリエチレン樹脂	9.40	24.8	25.8	0.049
M13	ポリプロピレン樹脂	10.20	23.3	26.4	0.044
M14	ポリブチレン樹脂	9.70	26.3	25.7	0.051
M15	アゾ化合物樹脂	9.80	27.1	25.6	0.057
M16	ポリエステル樹脂	9.90	25.9	25.8	0.061
M17	カーボン	10.30	17.8	27.6	0.048

[0043] 表1から明らかなように、光パワーモニターM1～M17のいずれにおいても25dB以上の方向性特性が得られた。特に、セラミック製スリーブを用いているM1～M5では26dB以上の方向性特性が得られた。

[0044] 実施例6

小型で受光感度が高く、また方向性特性の良い一方向性光パワーモニターを得ることができる、GRINレンズの光軸と光ダイオードの光軸との光軸間距離Lについて検討した。実施例1の一方向性光パワーモニターでスリーブ9のみを長さ方向で2つに分割した図2に示す光パワーモニターとした。2つに分割したスリーブ18とスリーブ19とを相対的に動かして光軸間距離Lを変えることのできる構造とした。光ダイオード10のレンズ直径Dは1.9mmであった。タップ膜8を通過した光のガウスビーム半径

Rをビームプロファイラーを用いて測定したところガウスビーム半径Rは0.38mmであった。

[0045] 光軸間距離Lを変えて、入力光ファイバー3から光を入れたときの光ダイオード10による受光感度と、方向性特性を求め、それを図3にグラフに表している。光軸間距離Lを0.8mmよりも小さくしたときと0.95mmよりも大きくしたときに受光感度と方向性特性が低下している。光軸間距離Lがある値よりも小さいときには、入力光ファイバー3からの光が光ダイオード10に入りにくくなっているために受光感度が低下するが、出力光ファイバー4からの光のうち光ダイオード10で検出される量が増えるために方向性特性が低下したものと考えられる。光はビーム内で、ガウス分布に従った強度分布をしているので、ある光軸間距離Lにおける光強度はガウスビーム半径Rを用いて算出することができる。また、レンズ付き光ダイオードが光を検出するのは、光ダイオードのレンズに光が入ったときに限られるので、GRINレンズ7の光軸とレンズ付き光ダイオード10の光軸との光軸間距離Lと、タップ膜8を透過する光のガウスビーム半径Rと、光ダイオードのレンズ直径Dとの間に、 $2L \geq 1.517R + D/2$ の関係が成り立つことがわかった。この実施例の数値をこの式に入れると、光軸間距離Lは0.763mm以上のときに方向性特性が25dB以上となる。

[0046] 他方、図3で光軸間距離Lが0.95mmよりも大きくなると、受光感度が急激に低下するが、方向性特性は0.95～1.0mmの光軸間距離Lでは低下が緩やかとなっている。光軸間距離Lが大きくなると、第一の円孔と第二の円孔との間にある通孔が小さくなり、入力光ファイバーから入ってGRINレンズとタップ膜を透過した入力光のうち通孔を通して光ダイオードのレンズに導かれる部分が少なくなるものと考えられる。光軸間距離Lを0.95mm以下に、すなわち光ダイオードのレンズ直径D/2以下にする必要がある。

[0047] 以上のことから光軸間距離Lは、ガウスビーム半径Rとレンズ直径Dを用いた次の不等式を満足することが要求される。

$$D \geq 2L \geq 1.517R + D/2$$

[0048] 実施例7

図4(a)から(c)に、実施例1のスリーブ形状と異なる実施例7を示す。光ファイバー

4から入ってタップ膜8に達した光(破線矢印で示す)の一部は中間壁で吸収、反射されるように、中間壁は実施例1の図1と同じ位置に設けられている。光ファイバー3から入ってタップ膜8を透過した光(実線矢印で示す)は、第一の円孔と第二の円孔とを経由して光ダイオード10に到達する。第一の円孔と第二の円孔との内壁が実線矢印で示す光路を妨げ無ければ良いので、図4(a)から(c)に示す形状をしたスリーブを採用することができる。図4(a)と(b)とに示すスリーブ9は、円柱状の黒色のアルミナセラミックスの両端から、ダイヤモンド砥石を用い、第一の円孔と第二の円孔の中心軸をずらして加工した。図4(c)に示すスリーブ9は、内側に傾斜を有する円筒状に成形、焼結した黒色のアルミナセラミックスに、ダイヤモンド砥石で円孔を追加工して得た。これらスリーブを用いて製作した一方向性光パワーモニターの方向性特性は、実施例1と同じ26. 1dBが得られた。

[0049] 比較例

図5に断面図で示している比較例の一方向性光パワーモニターは、スリーブの構造を除いて、実施例1の一方向性光パワーモニターと同じ構造をしている。図5で図1と同じ部品を用いている部分には図1と同じ符号を用いて示している。GRINレンズ7のタップ膜8と光ダイオード10のレンズとの距離を実施例1におけるのと同じ10mmとした。GRINレンズ7と光ダイオード10とを連結しているスリーブ38は茶色の着色ガラスで作り、そのガラス製スリーブの略中間に緩やかな傾斜を設けてGRINレンズ光軸と光ダイオード光軸との光軸間距離を0. 9mmとした。

[0050] 入力光ファイバー3からGRINレンズ7に入った光信号の一部はタップ膜8を透過して図中実線矢印で示すように光ダイオード10で検出される。出力光ファイバー4からGRINレンズ7に入った光信号のうちタップ膜8を透過した部分は図中破線矢印43で示すようにガラス製スリーブ38の壁を透過してモニターの外へ放出されるので、光ダイオード10では検出されない。この一方向性光パワーモニターの方向性特性は23～24dBとあまりよくなかった。それは、ガラス製スリーブの壁で一部の光が反射を受けたり、外部の光がスリーブ内に入るので、それらの光が光ダイオードで検出されたためであると考えられる。

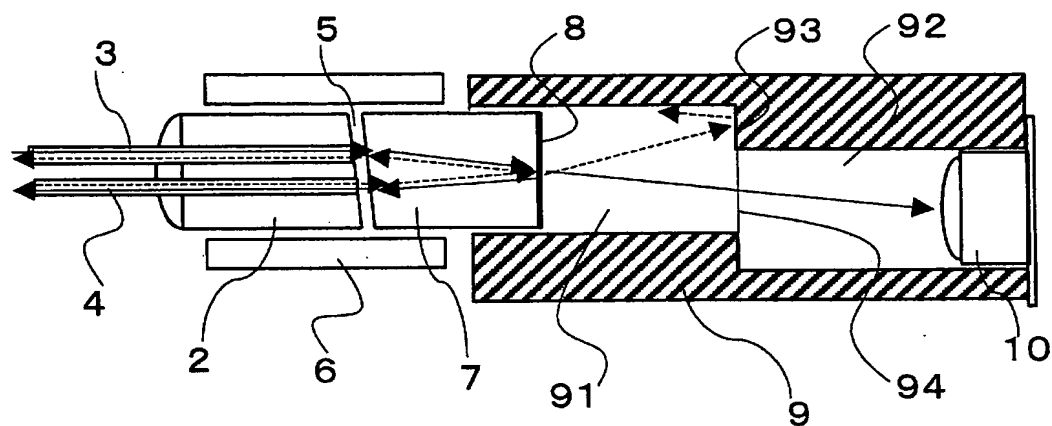
産業上の利用可能性

[0051] 本発明は光通信回路、特にEDFAを持った増幅回路など、に適した光信号強度を測定するモニタリング装置を提供する。本発明の一方向性光パワーモニターは、光信号強度を測定すべき方向から入ってきた光信号のみを検出・測定し、逆方向から入ってきた光信号を測定しないので、測定すべき光信号強度を正しく測定することができる。更に、この一方向性光パワーモニターは小型なので光通信回路全体を小さくすることができる。

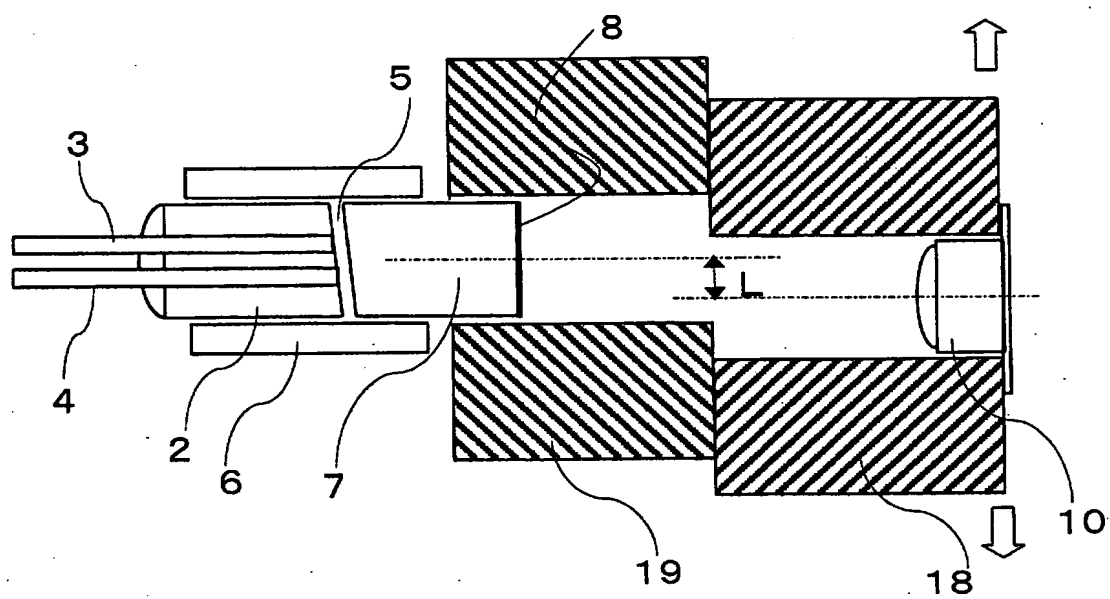
請求の範囲

- [1] 小さな間隔で平行に並べられた2本の光ファイバーを持ち、それら光ファイバーの開口を1つの端面上で端面中心の周りに持つピッグテイルファイバーと、
- 互いに対向している2つの端面を持ち、それらのうち一方の端面はピッグテイルファイバーの前記1つの端面と対向していて、他の端面はその上にタップ膜を有する円柱状GRINレンズと、
- 第一の端と第二の端とを持つスリーブであって、第一の端から、第一の端と第二の端との間の略中間位置まで開けられている第一の円孔と、第二の端から前記略中間位置まで開けられていて、第一の円孔の中心軸から偏芯している中心軸を持つ第二の円孔とを有するとともに、前記第一の円孔は、前記略中間位置で第二の円孔と接続する通孔と中間壁とを持つものと、
- 前記スリーブの第二の端において第二の円孔内に前記通孔に向かって設けられているレンズを前面に持つ光ダイオードとを有し、
- 前記2本の光ファイバーのうち一方の光ファイバーから入力され前記タップ膜を透過した光信号は第一の円孔と第二の円孔とを通過して前記光ダイオードに達し、
- 前記2本の光ファイバーのうち他方の光ファイバーから入力され前記タップ膜を透過した光信号はスリーブの前記中間壁によってその光路が妨げられるように、前記GRINレンズがスリーブの第一の円孔内に位置決めされている
- 一方向性光パワーモニター。
- [2] 前記スリーブと前記中間壁とが不透明なセラミックス、ガラスあるいはプラスチックで作られている請求項1記載の一方向性光パワーモニター。
- [3] 前記スリーブが黒色である請求項2記載の一方向性光パワーモニター。
- [4] GRINレンズと、レンズを前面に持つ光ダイオードとの光軸間距離をL、タップ膜を透過する光のガウスビーム半径をR、光ダイオードのレンズ直径をDとしたとき、
$$D \geq 2L \geq 1.517R + D/2$$
である請求項1記載の一方向性光パワーモニター。

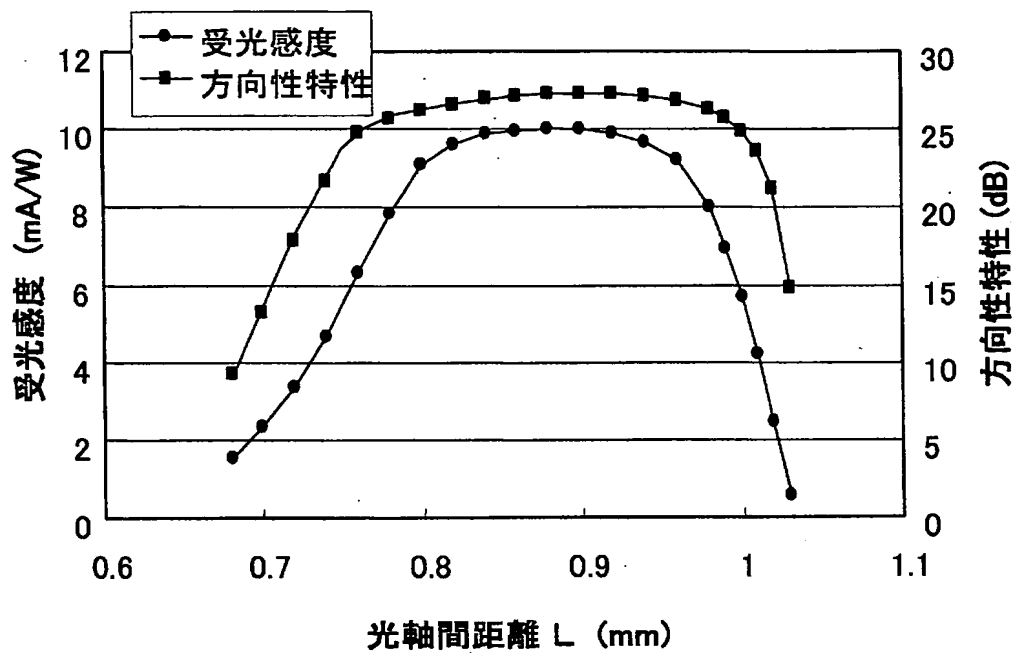
[図1]



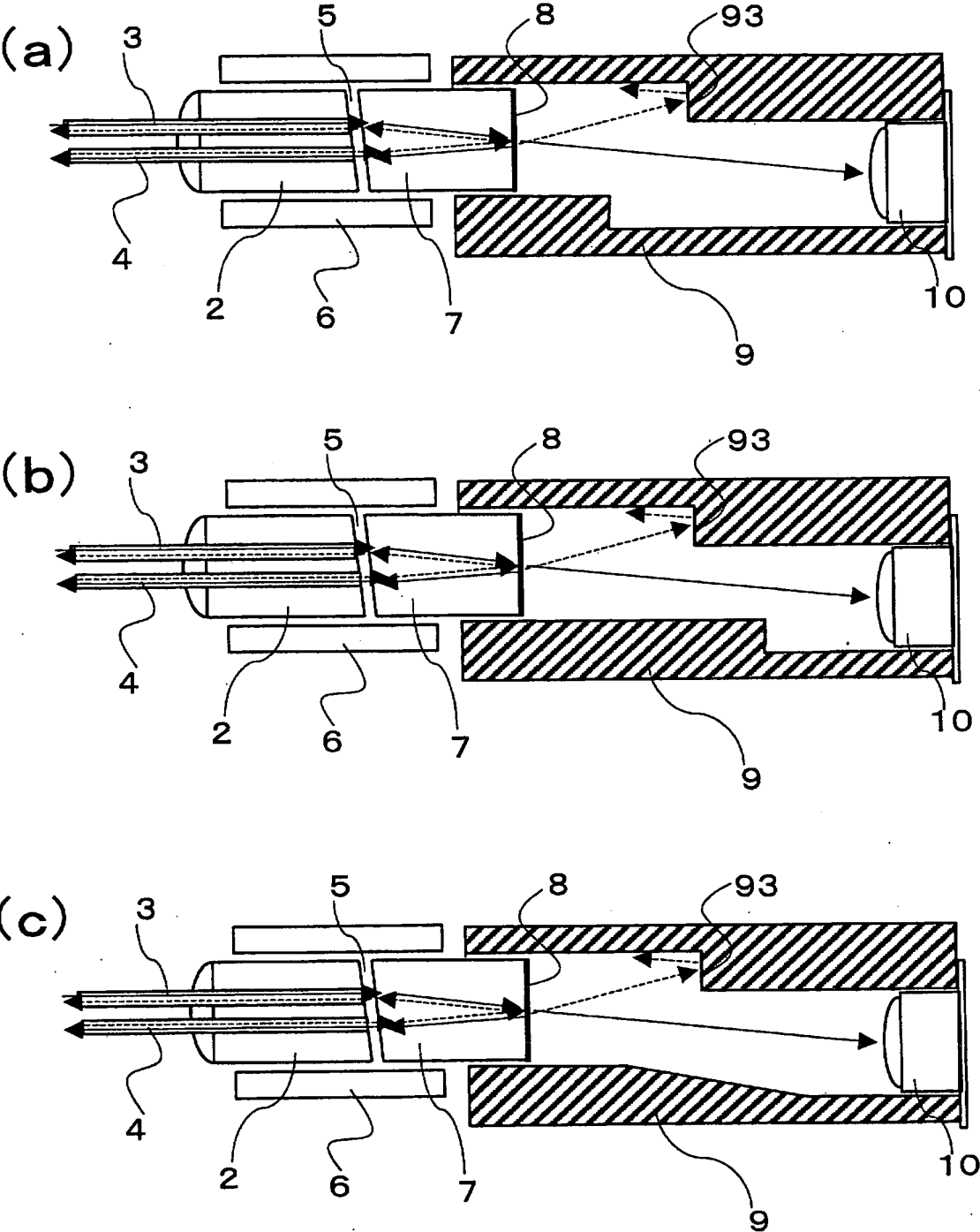
[図2]



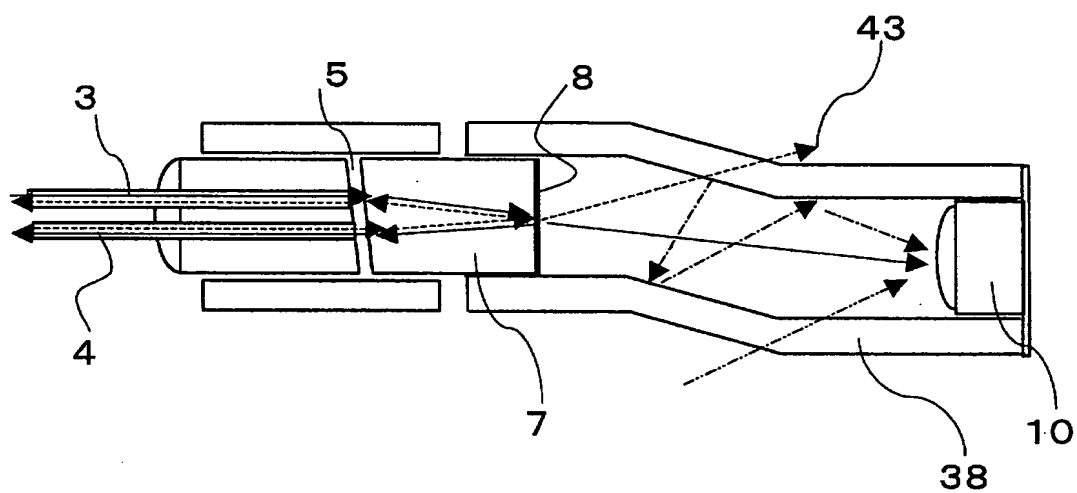
[図3]



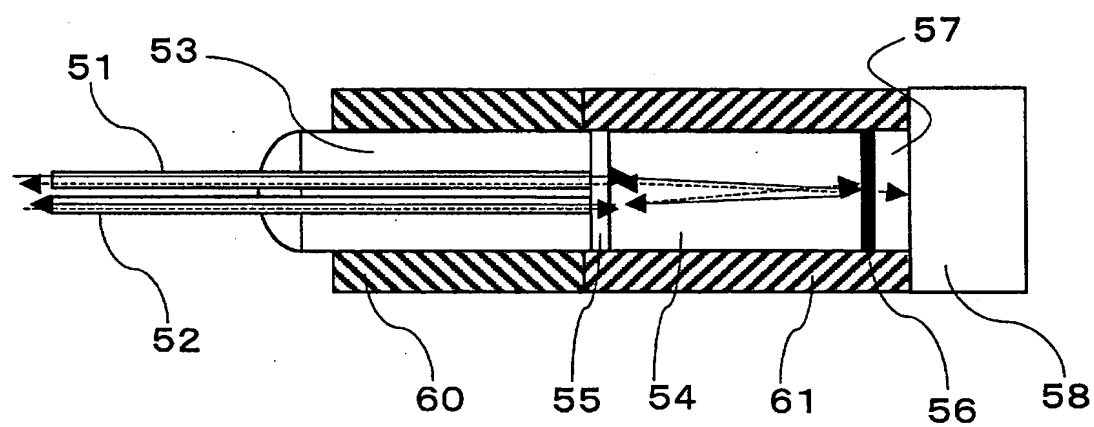
[図4]



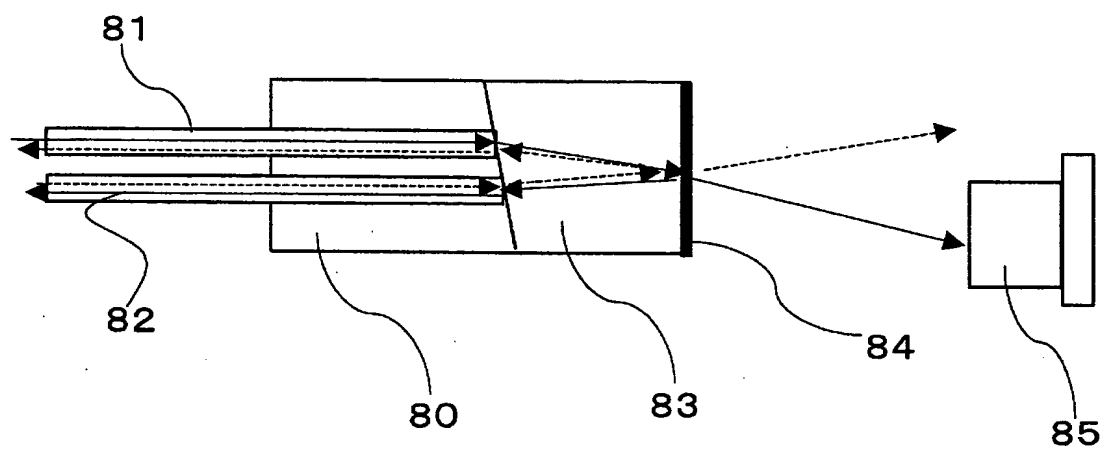
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/009404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ G02B6/42, 6/32		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ G02B6/42, 6/32, H01L31/00-31/02, 31/10, 33/00, H01S5/00-5/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JOIS)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-202262 A (Santekku Kabushiki Kaisha), 18 July, 2003 (18.07.03), Par. Nos. [0008] to [0012]; Fig. 3 (Family: none)	1-4
A	Masahiro KAWASUGI et al., "Hikari Bunki Kino Tsuki PD Module no Takinoka", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu Electronics 1, 07 March, 2002 (07.03.02), page 183	1-4
A	JP 11-64687 A (Alps Electric Co., Ltd.), 05 March, 1999 (05.03.99), Par. Nos. [0009] to [0016]; Fig. 3 (Family: none)	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 June, 2005 (16.06.05)		Date of mailing of the international search report 05 July, 2005 (05.07.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/009404

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-281501 A (Fujitsu Ltd.), 10 October, 2001 (10.10.01), Par. Nos. [0029] to [0073]; Figs. 1 to 3 & US 6749347 B1	1-4
A	JP 64-80917 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 27 March, 1989 (27.03.89), Page 2, lower right column, line 12 to page 3, lower left column, line 14; Fig. 2 (Family: none)	1-4
A	JP 2002-311293 A (Alps Electric Co., Ltd.), 23 October, 2002 (23.10.02), Par. No. [0063] (Family: none)	2,3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G02B6/42, 6/32

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G02B6/42, 6/32, H01L31/00-31/02, 31/10, 33/00, H01S5/00-5/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-202262 A (サンテック株式会社) 2003. 07. 18, 段落【0008】 -【0012】, 図3 (ファミリーなし)	1-4
A	川杉昌弘他, 光分岐機能付きPDモジュールの多機能化, 電子情報 通信学会総合大会講演論文集エレクトロニクス1, 2002. 03. 07, p. 183	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 06. 2005

国際調査報告の発送日

05. 7. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

柏崎 康司

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

2X

3211

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-64687 A (アルプス電気株式会社) 1999. 03. 05, 段落【0009】 - 【0016】, 図 3 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2001-281501 A (富士通株式会社) 2001. 10. 10, 段落【0029】 - 【0073】, 図 1-3 & US 6749347 B1	1-4
A	JP 64-80917 A (住友電気工業株式会社) 1989. 03. 27, 第 2 頁右下欄 第 12 行目-第 3 頁左下欄第 14 行目, 第 2 図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2002-311293 A (アルプス電気株式会社) 2002. 10. 23, 段落【0063】 (ファミリーなし)	2, 3